

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

POTENCIJALNO TOKSIČAN ROD DIJATOMEJA *PSEUDO-  
NITZSCHIA* U JADRANSKOM MORU

POTENTIALLY TOXIC DIATOMS OF THE GENUS *PSEUDO-NITZSCHIA*  
IN THE ADRIATIC SEA

Mateja Gazić  
Znanosti o okolišu  
Environmental Sciences

Mentor: Prof. dr. sc. Damir Viličić  
Suvoditelj: Dr. sc. Zrinka Burić

Zagreb, 2009.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. CILJ SEMINARA .....	1
2. DIJATOMEJE .....	2
2.1. MORFOLOGIJA .....	2
2.2. EKOLOGIJA .....	3
3. DOMOIČNA KISELINA .....	5
4. HIDROGRAFIJA I BIOLOGIJA JADRANSKOG MORA .....	6
5. <i>PSEUDO-NITZSCHIA</i> .....	7
5.1. MORFOLOŠKE I MORFOMETRIJSKE KARAKERISTIKE VRSTA.....	7
5.2. UTJECAJ FIZIČKO-KEMIJSKIH ČIMBENIKA .....	11
6. LITERATURA .....	13
7. SAŽETAK .....	16
8. SUMMARY .....	16

# 1. UVOD

## 1.1. CILJ SEMINARA

Problematika sve češćeg cvjetanja toksičnih algi uzrokovane antropogenim onečišćenjem priobalnih mora je u fokusu interesa znanstvenika zbog sve većeg negativnog učinka na turizam i ekonomiju. U seminaru ću stoga pisati o dijatomejama iz roda *Pseudo-nitzschia*, glavnim proizvođačima toksične domoične kiseline (Bates i sur. 1998). Osim što onečišćuju more i kontaminiraju filtratore morske vode, školjkaše i ribe, uzrokuju i bolesti kod ljudi i morskih sisavaca.

Osvrnut ću se na fizikalne i kemijske čimbenike koje treba uzeti u obzir prilikom predviđanja i prevencije mogućeg porasta toksičnosti vrsta roda *Pseudo-nitzschia*, te na dinamiku populacija istih u korelaciji s okolišnim čimbenicima. Iako je rod *Pseudo-nitzschia* dominantan u Jadranskome moru, taksonomska klasifikacija nedovoljno je istražena. Određivanje do vrste zasniva se na ultrastrukтури ljušturica koje su vidljive samo elektronskim mikroskopom (TEM ili SEM) (Hasle i Syvertsen, 1997) što otežava njihovu determinaciju i praćenje u rutinskom monitoringu.

## 2. DIJATOMEJE

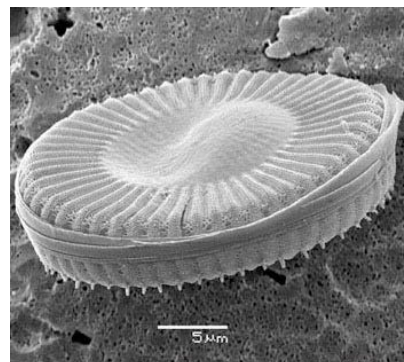
### 2.1. MORFOLOGIJA

Alge kremenjašice ili dijatomeje, Bacillariophyceae, pripadaju carstvu Protista, odjelu Heterokontophyta. To su jednostanične alge koje se nerijetko udružuju u kolonije. Stanice su povezane izraštajima u obliku bodlji ili zubaca, ili su spojene pomoću mukopolisaharida. Mnoge planktonske vrste imaju nastavke za lebdenje. Kod većine vrsta citoplazma se nalazi u tankom sloju na periferiji dok je u sredini smještena krupna vakuola. Obojenje dijatomejama daju pigment ksantofil (fukoksantin),  $\beta$ -karoten te klorofili *a* i *c*. Uz krizolaminarin, kremenjašice kao rezervnu tvar nakupljaju kapljice ulja i volutinska zrnca.

Njihove stanice nemaju staničnu stijenku, već su obavijene periplastom. Ispod plazmaleme periplasta nalaze se vezikule, u kojima se iz topivog silicija u vodi (ortosilicijeva kiselina  $H_4SiO_4$ ) sintetizira amorfn i netopivi opal ( $SiO_2 \cdot xH_2O$ ) čime se formira ljuštura. Na taj način je zaštićena unutrašnjost stanice. Naime, svaka stanica dijatomeje obavijena je kremenim ovojem, tekama, od dva nejednaka dijela koji se preklapaju. Veća polovica (ili poklopac) zove se epiteka, a manja (ili kutija) hipoteka. Na svakom od ovih dijelova razlikuju se ljuska (valva) i pojas (pleura). Ljuske su građene od finih struktura, a najčešće su sastavljene od sićušnih komorica (često poredanih u nizove) s vrlo sitnim porama specifičnim za pojedinu vrstu.

Oblik i simetrija ljušture su jedan od značajnijih obilježja za determinaciju i sistematiku ovih mikroorganizama. S obzirom na simetriju ljuštura, dijatomeje su podijeljene u dva podrazreda: Centricae i Pennate. Prvobitno stanište dijatomeja bila je morska voda; prve stanice su bile s radijalnom simetrijom – tip centričnih dijatomeja (Centricae), a kasnije su se razvile stanice s bilateralnom simetrijom (oblik štapića ili ladice) – tip penatnih dijatomeja (Pennatae), i preuzele dominaciju.

Centricae žive pretežno u moru i čine velik udio u fitoplanktonu. Morske vrste su dobro zastupljene u eufotičkom sloju. Kod predstavnika ovog podrazreda stanice su kružne ili eliptične s radijalnom raspodjelom struktura oko centra (Sl. 1.). U nepovoljnim uvjetima često prelaze u mirujuće stadije. Poznatiiji rodovi su *Chaetoceros*, *Cyclotella*, *Melosira* i *Rhizosolenia*.



**Slika 1. *Cyclotella meneghiniana*.**

(<http://www.pae.ugent.be/collection/cyclotella.htm>)

Pennatae žive pretežno na dnu slatkih, braktičnih i slanih voda ili epifitski na vodenom bilju. Kod vrlo mnogo oblika prolazi linijom simetrije u kremenjnoj ljušturi pukotina, rafa, čija je fina građa kod pojedinih rodova različita (Sl. 2.). Kroz rafu izlučuju polisaharide što im omogućuje puzanje, karakteristično samo za penate. U ovaj podrazred pripadaju rodovi *Navicula*, *Fragilaria*, *Cymbella*, *Meridion*, *Gyrosigma*, *Synedra* te *Nitzschia* i *Pseudo-nitzschia*.



**Slika 2. *Cymbella cistula*.**

(<http://ina.beyer-privat.net/studium.html>)

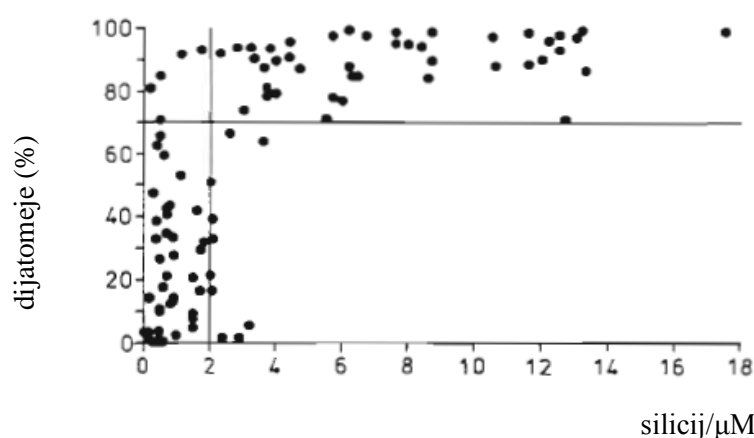
## 2.2. EKOLOGIJA

Dijatomeje su rasprostranjene ne samo u planktonu i bentosu slatkih voda i mora svih klimatskih područja, već i u tlu. Općenito obitavaju u hladnijim morima dok su u toplijim morima bolje zastupljene u hladnijem dijelu godine. Na broj i vrstu utječe niz faktora kao što su salinitet, temperatura, osvjetljenje (Fehling i sur. 2005), zatim hranjive tvari (nitriti, nitrati, amonijak, fosfati i ortosilikati), pH (Hinga 2002, Lundholm i sur. 2004) te interspecijski i intraspecijski odnosi. Razvijaju se tijekom čitave godine jer su pigmentima prilagođene korištenju različitih valnih duljina svjetlosti. U rano proljeće se razvijaju u najvećim abundacijama uslijed dovoljne količine hranjivih tvari i pojačane insolacije. Poznate su kao bioindikator čistoće vode, međutim, među njima nalazimo i vrste koje preferiraju eutrofne vode (npr. vrste iz roda *Nitzschia* i *Pseudo-nitzschia*).

Ukoliko su fizikalno – kemijski uvjeti povoljni, u rano proljeće, dolazi do naglog rasta populacije i postaju dominantna skupina u fitoplanktonu. U pravilu dijatomeje imaju veću

stopu rasta u odnosu na druge alge jednake veličine. Dijatomeje imaju veliku sposobnost kompeticije; nutrijente uzimaju polagano i skladište ih u stanicama (eng. storage specialists) ili u vakuolama što kasnije omogućava rast kod niskih koncentracija nutrijenata. Kada uvjeti postanu nepovoljni i nakon što se razvila velika masa organizama, abundancija dijatomeja u vodenom stupcu se smanjuje. Tonjenje je inducirano ili gubitkom sile uzgona ili izlučivanjem sluzi (polisaharida). Na sluz se hvataju bakterije stvarajući nutrijente potrebne dijatomejama, ali dok ponestane hrane za bakterije, alge odbacuju velike količine polisaharida i pretvaraju se u spore te tonu na morsko dno dok se mnoge zadržavaju na termoklini. Dijatomeje u obliku spora se mogu pod djelovanjem uzlaznih morskih struja zajedno s nutrijentima vratiti u površinski sloj te nastupa novo cvjetanje.

U otvorenim oceanima gdje nema donosa nutrijenata s kopna cvjetanje algi regulira koncentracija silicija (Sl. 3.) koji se, za razliku od ostalih nutrijenata, u svom ciklusu slabije regenerira. Silicij dijatomejskih ljuštura s druge strane djeluje kao učinkovit pufer kod otapanja CO<sub>2</sub>, koji se stoga brže otapa, a poznato je da su upravo oceani velika "skladišta" atmosferskog CO<sub>2</sub> čija koncentracija eksponencijalno raste.



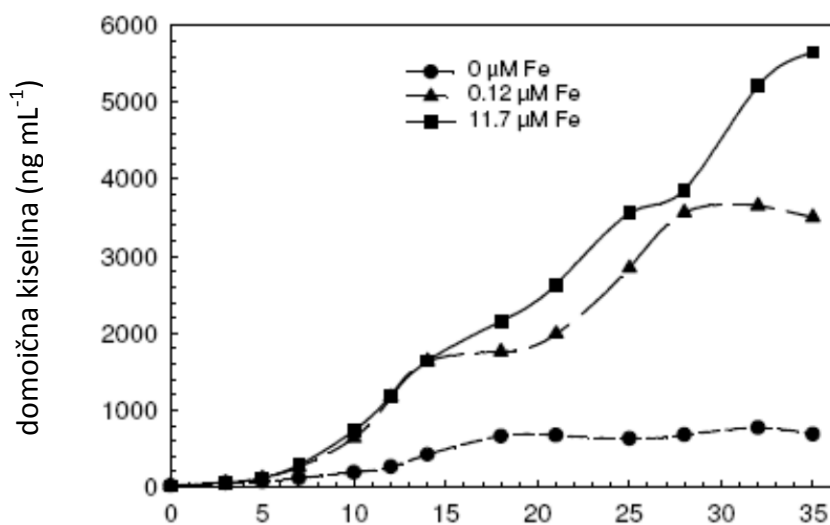
**Slika 3. Odnos koncentracije silicija i udjela dijatomeja u fitoplanktonu.**

(Egge i Aksnes, 1992)

### 3. DOMOIČNA KISELINA

Utvrđeno je da je domoična kiselina (DA), iz skupine aminokiselina, toksin odgovoran za trovanje pri konzumaciji kontaminiranih školjkaša. S obzirom da je najznačajniji simptom trovanja gubitak pamćenja, bolest je nazvana Amnesic Shellfish Poisoning (ASP). Osim kod ljudi, dokumentirani su i slučajevi intoksikacije kod morskih ptica i sisavaca. Domoičnu kiselinu proizvode određeni morski organizmi, kao što su crvena alga *Chondria armata* i dijatomeje roda *Pseudo-nitzschia* (Bates i sur. 1998), nakon čega se preko filtratora akumulira kroz hranidbeni lanac. Zbog sve učestalije kontaminacije priobalnih mora, domoična kiselina predstavlja globalnu prijetnju zdravlju i sigurnosti, kako ljudima, tako i životinjskom svijetu, zapravo čitavom ekosustavu.

Produkciji domoične kiseline pogoduju određeni okolišni uvjeti. Primarno se to odnosi na pojedine kemijske faktore. Odnos visoke produkcije DA i visokog staničnog N:P omjera, čvrsto dokazuju da nedostatak fosfata povećava produkciju. Isti takav odnos je uočen kod odnosa s ugljikom i silicijem, za razliku od klorofila *a* što upućuje na to da je za sintezu DA potrebna značajna količina biogene energije. Što se tiče dušika, s obzirom da je on jedan od sastavnih elemenata kiseline, za očekivati je da je za njenu produkciju bitna dostupnost tog nutrijenta (u obliku nitrita ili nitrata) (Bates i sur. 1991). Prilikom ispitivanja utjecaja na stopu produkcije DA potrebno je ispitati i teške metale. Domoična kiselina veže željezo, stoga ju *Pseudo-nitzschia* pojačano sintetizira u uvjetima kada ima dovoljno željeza (Bates i sur. 2001) (Sl. 4.).



**Slika 4.** Odnos koncentracija željeza i koncentracije domoične kiseline.

(Bates i sur. 2001)

Domoična kiselina djeluje na nekoliko mehanizama u organizmu. Od posebne važnosti jest ono na neurone koje dovodi do njihovog oštećenja. Naime, glutamat djeluje kao neurotransmiter u mozgu omogućavajući prijenos informacija od jedne živčane stanice do druge. Ukoliko se u mozgu nalazi prevelika količina glutamata, dolazi do smrti živčanih stanica uslijed omogućenog ulaska povećane količine kalcija u njih. Ulaskom kalcija, u živčanim stanicama dolazi do oslobađanja većih količina slobodnih radikala koji uzrokuju smrt stanice (Pulido 2008).

#### 4. HIDROGRAFIJA I BIOLOGIJA JADRANSKOG MORA

Morfološke razlike duž Jadranskog mora definirale su tri područja jednakih fizičkih svojstava (Artegiani i sur. 1997). Sjeverni dio se prostire od najsjevernije točke do izobate od 100 m. Taj je dio vrlo plitak, srednje dubine 40 m s malim batimetričkim gradijentom i snažnim utjecajem rijeke Po. Srednji dio započinje transektom Šibenik-Giulianova, koja se podudara s izobatom od 100 m, obuhvaća Jabučku kotlinu s maksimalnom dubinom 270 m i završava Palagruškim pragom (transekt Split-Vieste). Zatim se od Palagruškog praga do Otrantskih vrata prostire južni dio s najvećom depresijom u Jadranu 1223 m dubine.

Sustav površinskih struja u Jadranu posljedica je razlike termohalinih svojstava. Uz istočnu obalu Jadrana javlja se ulazna struja koja donosi slaniju i hranjivim tvarima siromašniju levantinsku vodu u Jadran, dok se uz zapadnu obalu Jadrana odvija istjecanje manje slane vode iz Jadrana. Ljeti maestral pojačava izlazni tok morske vode u površinskom sloju, dok zimi na strujanje utječe jugo, koji pojačava ulazni tok toplije vode. Osim opće ciklonalne cirkulacije, u Jadranu se javlja nekoliko vrtloga, od kojih je najizraženiji južnojadranski ciklonalni vrtlog. Vrtložna strujanja se javljaju i oko Jabučke kotline, a u sjevernom Jadranu karakteristično je burom uzrokovano ciklonalno strujanje u kojem se formira sjevernojadranska gusta voda (Orlić i sur. 1992). Nakon nastanka u sjevernom Jadranu, gusta sjevernojadranska voda istječe prema srednjem i južnom Jadranu u pridnom sloju mijenjajući termohalina svojstva srednjeg i južnog Jadrana.

Raspodjela dijatomeja u Jadranu uvjetovana je koncentracijom nutrijenata. Zbog donosa hranjivih tvari rijekama s kopna, sjeverni Jadran ima veći udio dijatomeja u ukupnoj biomasi fitoplanktona. Naime, mali omjer površine i volumena stanice dijatomeja usporava difuziju nutrijenata u stanicu pa je za veću populaciju potrebna veća količina istih. Oligotrofna područja, kao što je južni Jadran, bogatija su bakterijama koje imaju manje stanice što im omogućava brže iskorištavanje nutrijenata iz okoliša.



## 5. PSEUDO-NITZSCHIA

*Pseudo-nitzschia* Peragallo je relativno mali rod koji obuhvaća 32 vrste od kojih je 11 potencijalno toksično (Quiroga 2006). Prema veličini i obliku vrsta, zbog čega ih je teško razlikovati, vrlo sličan mu je rod *Nitzschia* Hassal koji obuhvaća nekoliko stotina vrsta (Van Landingham 1975), no trenutno je poznata samo jedna toksična vrsta, *N. navis-varingica*.

Iako je rod *Pseudo-nitzschia* vrlo rasprostranjen u Mediteranu (Socal i sur. 1999, Orsini i sur. 2002, Viličić i sur. 2002, Quiroga 2006) i stalna komponenta fitoplanktona duž Jadranske obale te dominantan rod u razredu dijatomeja, točan taksonomski sastav još nije poznat. Do sada je determinirano 5 vrsta: *P. calliantha*, *P. delicatissima*, *P. cuspidata*, *P. fraudulenta* te *P. manii* (Burić i sur. 2009). Za sve osim za *P. manii* je utvrđeno da produciraju domoičnu kiselinu.

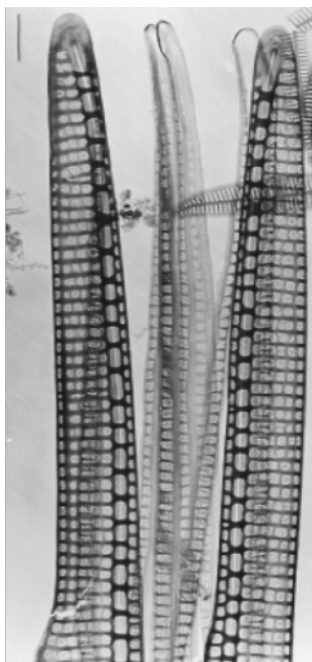
Bili toksični ili ne, predstavnici ovog roda imaju zajedničke glavne morfološke značajke. To su izdužene stanice, s dva kloroplasta, koje se svojim krajevima preklapaju čineći 'stepeničaste' kolonije. Valvalna strana stanica je linearna ili vretenasta zaobljenih ili šiljastih krajeva dok su s pleuralne strane ili vretenaste ili u obliku pravokutnika.

### 5.1. MORFOLOŠKE I MORFOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE VRSTA

Vrste unutar ovog roda razlikuju se širini valve, gustoći fibula i strija, strukturi porne opne te strukturi kopula i pleura na pleuralnoj strani. Dakle, prilikom mikroskopiranja i određivanja vrsta mjere se apikalna (dužina valve) i transapikalna os (širina valve) te gustoća fibula i interstrija, čime se dobije vrijednost za gustoću strija. Isto tako je bitno odrediti broj valvalnih pora i uzorak perforacije opne. Da bi točna determinacija do vrste bila moguća, ljušturice trebaju biti očišćene od organske tvari (Hasle i Syvertsen, 1997) i analizirane pod transmisijskim elektronskim mikroskopom.

*Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle

Gledajući s valvalne strane, stanice su štapićastog oblika sa zašiljenim vršcima (Sl. 5.). Dugačke su 64-100  $\mu\text{m}$ , široke 1.5-2.1  $\mu\text{m}$  sa 17-20 fibula/10  $\mu\text{m}$  i 2 strije po fibuli (36/10  $\mu\text{m}$ ). Svaka strija je perforirana s jednim redom velikih, gotovo četvrtastih pora (5-9/1  $\mu\text{m}$ ). Porna opna podijeljena je u 7-10 isječaka što joj daje izgled cvijeta (Sl. 6. i Sl. 6a.). Vrsta je prema tome i dobila naziv; grč. *kalos* – lijep, *anthos* – cvijet.



**Slika 5. Valvalna strana stanice.**  
(Lundholm i sur. 2003)



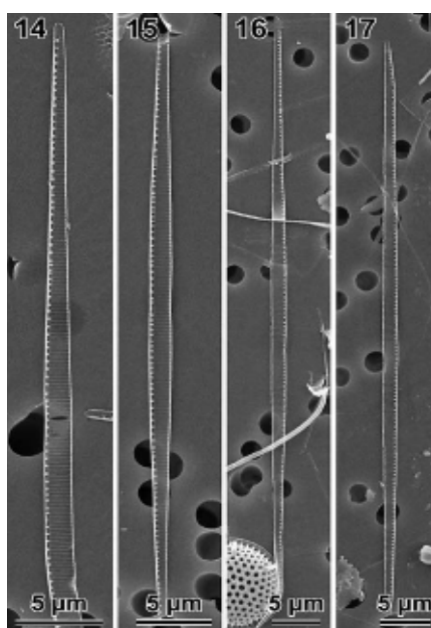
**Slika 6. Perforacija areola.**  
(Caroppo i sur. 2005)



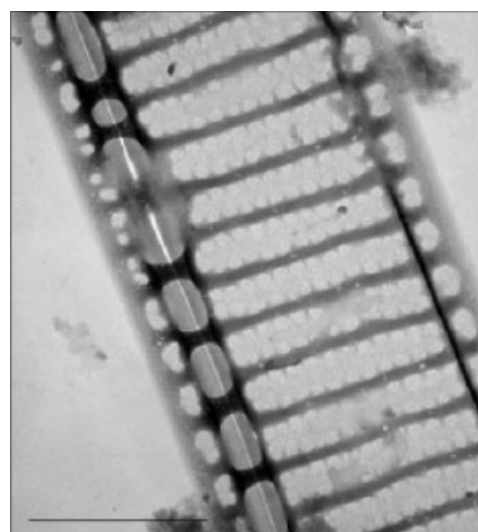
**Slika 6a. Porna opna.**  
(Lundholm i sur.2003)

*Pseudo-nitzschia delicatissima* (Cleve) Heiden

Stanice su vretenastog oblika s oštrim vrhom, duge su 50-70  $\mu\text{m}$  i široke 0.6-1.8  $\mu\text{m}$  (Sl. 7.). Imaju 18-26 fibula u 10  $\mu\text{m}$  i oko 2 strije po fibuli. Strije su perforirane s 2 reda pora (8-9/1 $\mu\text{m}$ ) smještenih blizu interstrija (Sl. 8.).



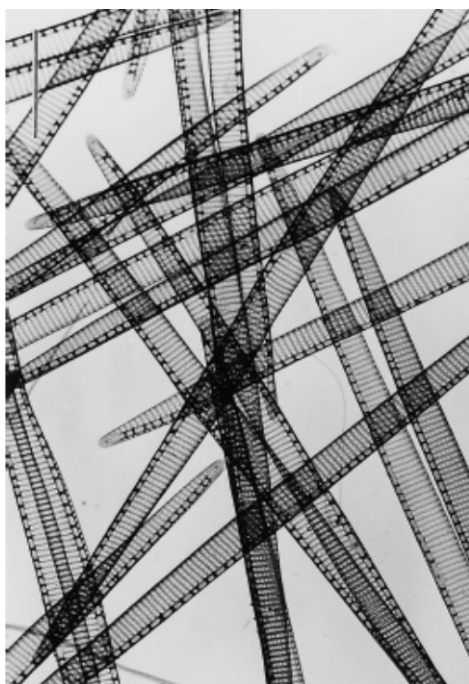
**Slika 7. Valvalna strana stanice.**  
(Kaczmarska i sur. 2005)



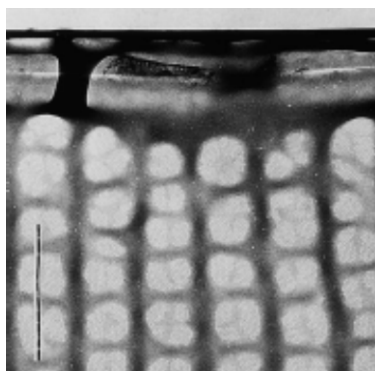
**Slika 8. Središnji dio stanice.**  
(Caroppo i sur. 2005)

*Pseudo-nitzschia cuspidata* (Hasle) Hasle emend. Lundholm, Moestrup et Hasle 2003.

Linearne do kopljaste stanice dužine 30-72  $\mu\text{m}$  i širine 1.4-2  $\mu\text{m}$  (Sl. 9.). Imaju 19-25 fibula/10  $\mu\text{m}$  i 35-44 strije/10  $\mu\text{m}$ , dakle 2 strije po fibuli. Strije su perforirane s jednim redom ovalnih ili kvadratnih pora, 4-6 pora u 1  $\mu\text{m}$  (Sl. 10.). Opna pora podijeljena je na dva dijela (Sl. 10a).



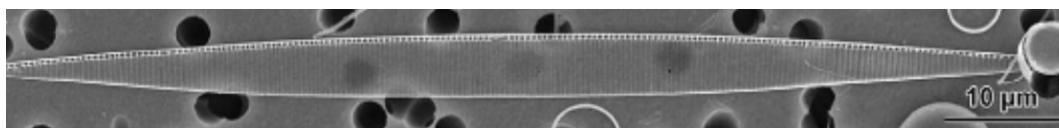
**Slika 9. Valvalna strana stanice.**  
(Preuzete iz Lundholm i sur. 2003)



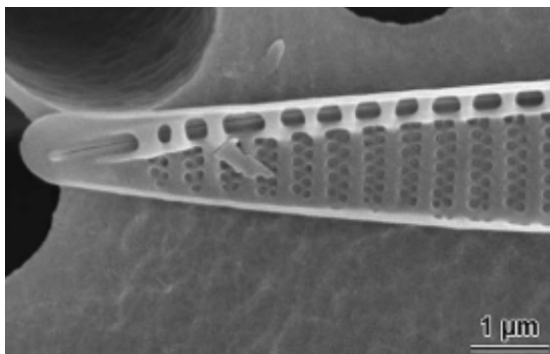
**Slika 10. Perforacija areola. Slika 10a. Porna opna.**

*Pseudo-nitzschia fraudulenta* (Cleve) Hasle

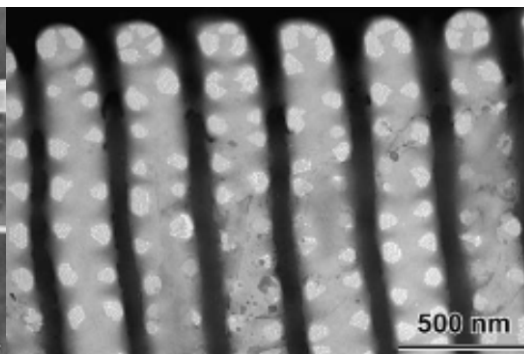
Stanice su vretenastog oblika sa zaobljenim krajevima. Duge su 64-111  $\mu\text{m}$ , a široke 4.5-6.5  $\mu\text{m}$  (Sl. 11.). Gustoća fibula i strija je gotovo jednaka (18-24/10  $\mu\text{m}$ ) (Sl. 12.) s 2 reda pora u obliku kapljica po striji (Sl. 13.).



**Slika 11. Vretenasta valvalna strana stanice.** (Kaczmarska i sur. 2005)



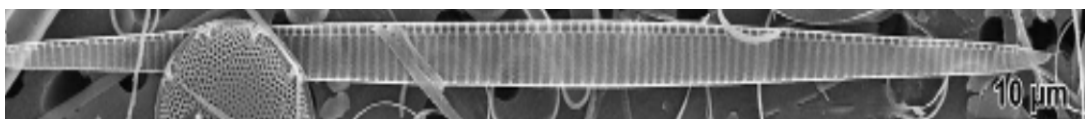
**Slika 12. Gustoća fibula i strija.**  
(Preuzete iz Kaczmarska i sur. 2005)



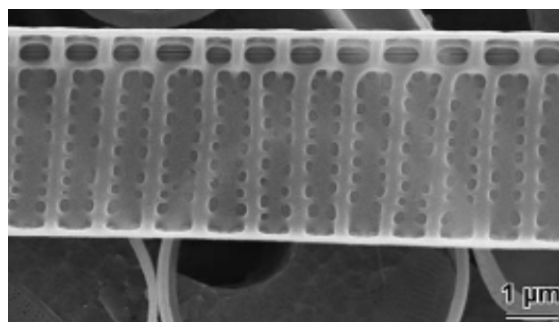
**Slika 13. Perforacija strija.**

*Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle

Vretenaste stanice zašiljenih vrhova, dužine 74-142 μm i širine 3-4.5 μm (Sl. 14.). Gustoća fibula i strija je jednaka, 9-15/10 μm. Strije su perforirane s 2 reda velikih pora (1-3/1 μm) smještenih blizu interstrija (Sl. 15.).



**Slika 14. Vretenasta stanica.** (Kaczmarska i sur. 2005)



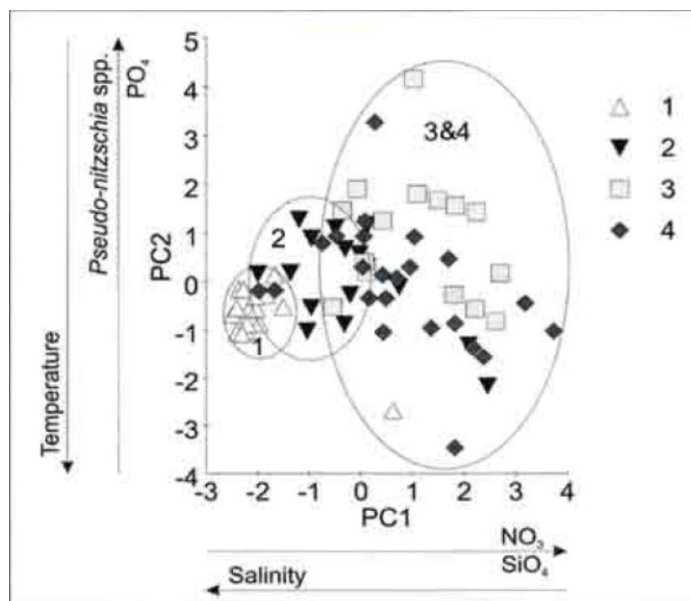
**Slika 15. Perforacija strija.** (Kaczmarska i sur. 2005)

## 5.2. UTJECAJ FIZIČKO – KEMIJSKIH ČIMBENIKA

Na porast abundancije i biomase dijatomeja u fitoplanktonu uvelike utječu antropogeni izvori nutrijenata poput poljoprivrede, komunalnih i industrijskih otpadnih voda te turističke djelatnosti. No, manje bitni nisu ni prirodni čimbenici temperatura, salinitet, intenzitet svjetlosti te struje. Cvatnja dijatomeja roda *Pseudo-nitzschia* nastupa za vrijeme niskih temperatura, dakle zimi kada je i salinitet niži. Značajna negativna korelacija između temperature i abundancije ukazuje na to da je jedan od glavnih regulirajućih faktora cvatnje tih dijatomeja upravo temperatura. U područjima pod utjecajem rijeka, u njihovim ušćima, dijatomeje se više akumuliraju u morskome sloju jer njihovoj proliferaciji pogoduje stabilan stupac vode (stratifikacija). Budući da su svojstva duž Jadrana promjenjiva, utjecaj fizikalnih i kemijskih parametara najbolje je pratiti za svaki dio posebno.

Analize južnog Jadrana upućuju na njegovu oligotrofnost s obzirom na koncentraciju dušika i fosfora (Caroppo i sur. 2005). Distribucija i koncentracija nutrijenata u cjelini su najviše zimi, kao i vrijednosti klorofila *a* i abundancija dijatomeja. Gustoća populacija jednako je raspodijeljena kroz stupac vode, iako na nekim lokacijama i za neke vrste postoje odstupanja od tog pravila. Rezultati PCA (Principal Component Analysis) pokazuju da je gustoća populacija u pozitivnoj korelaciji s konc. dušika, klorofilom *a* i otopljenim kisikom dok je *P. delicatissima* u pozitivnoj korelaciji i sa salinitetom. S druge strane, gustoća je neovisna o koncentraciji silicija i fosfora. Iako je to biološki faktor, intraspecijski odnos – kompeticiju – je nemoguće izuzeti s obzirom da je za cvatnju zimi u južnom Jadranu odgovorna dijatomeja *Skeletonema costatum* iz podrazreda Centricae (Caroppo i sur. 1999b, Bernardi Aubry i sur. 2004).

U sjevernom Jadranu situacija je malo drukčija što se tiče nutrijenata jer je eutrofan. Istraživanje u estuariju rijeke Zrmanje pokazalo je da abundancija dijatomeja roda *Pseudo-nitzschia* raste s porastom dubine, akumulira se na dubini 4-10 m nakon čega se smanjuje. Uspoređujući abundanciju s fizikalno- kemijskim parametrima, utvrđeno je da je gustoća populacija neovisna o koncentraciji silikata i nitrata dok je u značajnoj pozitivnoj korelaciji s koncentracijom fosfora (Sl. 16.). Iako nema značajne korelacije između omjera Si:N i abundancije dijatomeja, prilikom rasta populacija roda *Pseudo-nitzschia* omjer je nizak (Burić i sur. 2008), moguće zbog manjih potreba za silicijem kod inkrustacije (Sommer 1994, Marchetti i sur. 2004). Gustoća populacija raste u morskom sloju (25-35 PSU), no ne postoji korelacija između abundancije i saliniteta što bi se moglo objasniti činjenicom da su eurihaline (Dortch i sur. 1997, Thessen i sur. 2005).



**Slika 16. Gustoća populacija roda *Pseudo-nitzschia* u ovisnosti o fizičko-kemijskim faktorima u Novigradskom moru (sj. Jadran). 1– ljeto, 2– jesen, 3 i 4– zima/proljeće (Burić i sur. 2008)**

Važno je spomenuti da rod *Pseudo-nitzschia* značajno pridonosi potpovršinskom maksimumu koncentracije klorofila *a* (SCM) u priobalnim područjima Jadrana (Revelante i Gilmartin 1995, Totti i sur. 2000, Jasprica i sur. 2001). Nakupljanje pigmenata često je maksimalno uz donji rub površinskog, izmješanog sloja i neposredno iznad nitraklinale (Trees i sur. 1986).

## 6. LITERATURA

- Bates, S.S., de Freitas, A.S.W, Milley, J.E., Pocklington, R., Quilliam, M.A., Smith, J.C., Worms, J., 1991. Controls on domoic acid production by the diatom *Nitzschia pungens* f. *multiseries* in culture: nutrients and irradiance. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **281**, 1-12.
- Bates, S.S., Léger, C., Satchwell, M.F., Boyer, G.L., 2001. The effects of iron on domoic acid production by *Pseudo-nitzschia multiseries*. U: Harmful Algal Blooms. Eds. G.M. Hallegraeff, S.I. Blackburn, C.J. Bolch, and R.J. Lewis, 2000. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, pp. 320-323.
- Bernardi Aubry, F., Berton, A., Bastianini, M. i sur., 2004. Phytoplankton succession in a coastal area of the NW Adriatic, over a 10-year sampling period (1990-1999). *Cont. Shelf Res.* **24**, 97-115.
- Burić, Z., Bosak, S., Viličić, D., Kralj, K., Marić, D., Peharec, P., Đakovac, T., 2009. Ecology and taxonomy of *Pseudo-nitzschia* in Lim Bay (northeastern Adriatic Sea). U: Diatom Taxonomy in the 21st Century, in honour of Henri Van Heurck, Abstract Book. Eds. Van de Vijver B., Cocquyt C. National Botanic Garden of Belgium, Meise, Belgija, pp. 23-23
- Burić, Z., Viličić, D., Caput Mihalić, K., Carić, M., Kralj, K., Ljubešić, N., 2008. *Pseudo-nitzschia* blooms in the Zrmanja River estuary (Eastern Adriatic Sea). *Diatom Res.* **23**, 51-63.
- Caroppo, C., Congestri, R., Bracchini, L., Albertano, P., 2005. On the presence of *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle and *Pseudo-nitzschia delicatissima* (Cleve) Heiden in the Southern Adriatic Sea (Mediterranean Sea, Italy). *J. Plank. Res.* **27**, 763-774.
- Caroppo, C., Fiocca, A., Sammarco, P. i sur., 1999b. Seasonal variations of nutrients and phytoplankton in the coastal SW Adriatic Sea (1995-1997). *Bot. Mar.* **42**, 389-400.
- Dortch, Q., Robichaux, R., Pool, S., Milsted, D., Mire, G., Rabalais, N.N., Soniat, T.M., Fryxell, G.A., Turner, R.E., Parsons, M.L., 1997. Abundance and vertical flux of *Pseudo-nitzschia* in the northern Gulf of Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **146**, 249-264.
- Egge, J.K., Aksnes, D.L., 1992. Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **83**, 281-289.

- Fehling, J., Davidson, K., Bates, S.S., 2005. Growth dynamics of non-toxic *Pseudo-nitzschia delicatissima* and toxic *P. seriata* (Bacillariophyceae) under simulated spring and summer photoperiods. *Harmful Algae* **4**, 763-769.
- Hasle, G.R., Syvertsen, E.E., 1997. Marine diatoms. U: Identifying marine phytoplankton. Ed. C.R. Tomas, Academic Press, San Diego, pp. 5-385.
- Hinga, K.R., 2002. Effects of pH on coastal marine phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **238**, 281-300.
- Jasprica, N., Carić, M., Viličić, D., 2001. Relationships of subsurface chlorophyll maximum to diatoms and other microphytoplankton in the Southern Adriatic Sea. U: Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Diatom Symposium. Ed. A. Economou-Amilli, Amvrosiou Press, Athens, pp. 365-379.
- Kaczmarska, I., LeGresley, M.M., Martin, J.L., Ehrman, J., 2005. Diversity of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* Peragallo in the Quoddy Region of the Bay of Fundy, Canada. *Harmful Algae* **4**, 1-19.
- Lundholm, N., Hansen, P.J., Kotaki, Y., 2004. Effect of pH on growth and domoic acid production by potentially toxic diatoms of the genera *Pseudo-nitzschia* and *Nitzschia*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **273**, 1-15.
- Lundholm, N., Moestrup, Ø., Hasle, G.R., Hoef-Emden, K., 2003. A study of the *P. pseudodelicatissima/cuspidata* complex (Bacillariophyceae): what is *P. pseudodelicatissima*? *J. Phycol.* **39**, 797-813.
- Marchetti, A., Trainer, V.L., Harrison, P.J., 2004. Environmental conditions and phytoplankton dynamics associated with *Pseudo-nitzschia* abundance and domoic acid in the Juan de Fuca eddy. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **281**, 1-12.
- Orlić, M., Gačić, M., La Violette, P.E., 1992. The currents and circulation of the Adriatic Sea. *Oceanologica Acta* **15**, 109-124.
- Orsini, L., Sarno, D., Procaccini, G. i sur., 2002. Toxic *Pseudo-nitzschia multistriata* (Bacillariophyceae) from the Gulf of Naples: morphology, toxin analysis and phylogenetic relationships with other *Pseudo-nitzschia* species. *European Journal of Phycology* **37**, 247-257.
- Pulido, O.M., 2008. Domoic Acid Toxicologic Pathology: A Review. *Marine Drugs* **6**, 180-219.
- Quiroga, I. 2006. *Pseudo-nitzschia* blooms in the Bay of Banyuls-sur-Mer, northwestern Mediterranean Sea. *Diatom Res.* **21**, 91-104.



- Revelante, N., Gilmartin, M., 1995. The relative increase of larger phytoplankton in a subsurface chlorophyll maximum in Northern Adriatic Sea. *Journal of Plankton Research* **17**, 1535-1562.
- Socal, G., Boldrin, A., Bianchi, F. i sur., 1999. Nutrient, particulate matter and phytoplankton variability in the photic layer of the Otranto Strait *Journal of Marine Systems* **20**, 381-398.
- Sommer, U., 1994. Are marine diatoms favoured by high Si:N ratios? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **115**, 309-315.
- Thessen, A.E., Dortch, Q., Parsons, M.L., Morrison, W., 2005. Effect of salinity on *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) growth and distribution. *J. Phycol.* **41**, 21-29.
- Totti, C., Cvitarese, G., Acri, F., Barletta, D., Candelari, G., Paschini, E., Solazzi, A., 2000. Seasonal variability of phytoplankton populations in the middle Adriatic sub-basin. *Journal of Plankton Research* **22**, 1735-1756.
- Van Landingham, S. L., 1975. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. A revision of F.W. Mills, "An Index to the Genera and Species of the Diatomaceae and their synonyms" Part VI, 3301 Lehre Verlag von J. Cramer, pp. 2964-3606.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Diatom>

<http://ina.beyer-privat.net/studium.html>

<http://www.pae.ugent.be/collection/cyclotella.htm>

## 7. SAŽETAK

Dijatomeje roda *Pseudo-nitzschia* cvatu u uvjetima smanjene svjetlosti, kada su vrijednosti temperature niske i u širokom rasponu saliniteta. Laboratorijska istraživanja pokazala su da je produkcija domoične kiseline, aminokiseline topljive u vodi, ovisna o raspoloživosti silicija, fosfora, dušika i metala, uglavnom željeza. Međutim, nepoznata je uloga domoične kiseline u obrani organizma ni u primarnoj produkciji. Pretpostavlja se da ima ulogu u ekskreciji prekomjerne fotosintetske energije. Isto tako, nemoguće je razjasniti varijabilnost domoične kiseline među različitim vrstama roda *Pseudo-nitzschia* ni postojanje toksičnih i netoksičnih sojeva iste vrste. Učestalija cvatnja toksičnih dijatomeja iz roda *Pseudo-nitzschia* u vezi je s povećanom koncentracijom nutrijenata kao posljedicom onečišćenja morskog okoliša s kopna, kako antropogenim tako i prirodnim (pustinjski pijesak). Globalno zatopljenje također može imati utjecaja tako što produžuje period populacijskog rasta vrsta *Pseudo-nitzschia* i tako povećava njihovu svjetsku rasprostranjenost.

## 8. SUMMARY

Diatoms of the genus *Pseudo-nitzschia* bloom under conditions of reduced luminosity when the values of temperature are low and at a wide range of salinities. The production of domoic acid, a water-soluble amino acid, depends on availability of silicon, phosphorus, nitrogen and metal, mainly iron. However, the role of domoic acid in organism protection or in primary production is not known. It is suggested that domoic acid takes part in excretion of excess photosynthetic energy. Equally, the variability in domoic acid production between different species of genus *Pseudo-nitzschia* or the presence of toxic and non-toxic strains of the same species cannot be explained. An increase in toxic blooms of *Pseudo-nitzschia* might be related to increase in nutrient availability from antropogenic pollution. Global warming may have an influence as well by lengthening the growth period for *Pseudo-nitzschia* enlarging their global distribution.